摘　　要

為改良非循環式水耕系統在夏季果菜類生產的效率，並比較溶氧對番茄根系發展及植株生長之影響，在1987年冬季及1988年夏季利用通氣、不通氣及毛管（NCT）等三種不同方式的非循環式水耕，種植番茄所得結果如下：

1.不通氣的水耕系統，在冬季可用來種植番茄，但是培養液的溫度必須保持在25℃以下。在夏季則由於培養液的溫度太高，種植番茄的效果較差。

2.利用培養液通氣的方法來改良非循環式水耕，可以增加根的生理活性，及對養分的吸收。

3.NCT系統較其他二個系統，更能發生健壯的根系，同時側根的分生也較旺盛。NCT的主要優點為，材料費低廉，建造容易，同時植株的生育旺盛，產量較高，為較適宜應用於夏季種植番茄的水耕技術。NCT所用的介質為炭化稻殼，它不僅是良好的發根介質材料，也能適當的供應氧氣，以及藉著毛細管作用提供作物的養分及水分。

設施園藝研習會專集 163~171 (1989)

利用養液薄膜法（NFT）栽培葉菜類

李美玲　張國珍　康有德*

國立台灣大學農學院山地實驗農場

摘　　要

傳統上土壤是栽培作物的主要介質，但因其含有各種阻礙作物生長發育的限制因子，而利用養液栽培可突破土壤中肥料因日照及降雨所造成的蒸散及流失，根部因乾濕度變化劇烈，導致水份供應不平衡或氧氣不足，而降低生長速度等缺點。

本場NFT養液栽培乃針對葉菜類而設計，隨著季節溫度的變化，白菜一期18～15天，年產15～18期；葉萵苣一期25～30天，年產12～15期；芹菜一期50～60天，年產6～7期。而土耕法一年僅可採收3～8期，故單位栽培面積的利用可發揮到極點。

養液薄膜法（Nutrient Film Technique）NFT是水耕栽培法的一種，其特點為：1.養液24小時循環流動，不斷供應養分，並增加水的溶氧量。2.栽培床上設計有"液溝"，栽培時不需要儲存養液，藉著1/ 80或1/ 100之斜度，使養液在栽培床上分開成一道一道薄薄的液流，供應作物生長需要。3.設施構造簡單，操作容易，並可修改栽培床的長寬設計適應不同作物的需要。

一、前　　言

NFT基本上乃利用給液泵浦透過EC控制器，將高濃度之原液定量稀釋於養液槽中，再經沉水馬達將養液槽中混合均勻之養液抽送到每一栽培床。栽培床由固著作物之保利龍板及其支持作用之鍍鋅鋁面板與角架以及供養液通過之PE塑膠布所組成。栽培床斜度為1／80，最高處100公分，最低處75公分，寬度為120公分，長度則分22、27公尺兩種。養液經作物吸收後濃度降低，待迴流入二栽培床中間之養液槽後，由濃度控測器探知濃度，透過給液泵浦與EC控制器，將原液放入養液槽，再經沉水馬達將混合均勻之養液抽送到栽培床，如此周而復始，構成一不斷循環流動的栽培系統。

---

* 國立台灣大學農學院附設山地實驗農場技佐，台大山地實驗農場春陽分場主任，台大山地實驗農場場長暨台灣大學園藝系教授。

二、簡易隔雨塑膠布室之架構

(一)骨架：

本省氣候高溫多濕，欲栽培精緻作物，隔雨甚為重要，在台灣大學附設山地實驗農場春陽分場為NFT水耕設施配置之簡易塑膠布室，係以4分鍍鋅鐵管為骨架，採隧道型連棟式，長度55公尺，寬5公尺，高3.2公尺，鐵管間距50公分，連棟交叉後為25公分，穩固度極高，如照片1、2，惟為提供作物更良好之生長環境，防雨塑膠布室之基礎支柱可考慮採4英吋輕鋼架方型鐵柱，頂部再以1英吋鍍鋅鐵管為材料，做成圓拱型屋頂，這種改良型架構高4.8公尺，寬7.2公尺，連棟間無支柱障礙，可增加栽培床數量。

(二)尼龍網：

為隔離昆蟲，PE布室四周以MINIPET鋁面板凹槽固定32目之白色尼龍網，但平地因溫度較高，使用32目或64目等高密度尼龍網會造成通風不良，溫度上升，而使作物生長受影響，產品品質低下，故有必要加裝抽送風設備，增進通風與降溫的效果。

(三)塑膠布：

本場簡易塑膠布室，係以日本さかど公司0.2mm厚之網紋PVC塑膠布為覆蓋材料，波浪形網紋有防止破裂處再擴大的效果，加上特殊的處方，並可抗紫外線，防止結霧，增進日照。目前發展出的紫外線斷除型塑膠布，有降低室內昆蟲數量之效果，可減少噴葯，增加蔬菜在食用上之安全性，故塑膠布室所用防雨被覆材料恰當與否，影響設施栽培成效甚大，是一頗值得繼續研究開發的課題。

(四)鋁　門：

為方便進出並確保清潔隔離的效果，每棟網室前後各裝一活動型軌道鋁門。

(五)排水槽：

為保持室內乾燥並防止二棟塑膠布室間滴水造成工作不便，於連棟網室交叉處，安裝U型排水槽，以利降雨逕流之回收或排除。

三、NFT式之水耕栽培設施組件

(一)育苗盤：

為增進水耕栽培的效率，增加單位面積的栽培次數，基本上育苗與栽培是分開的，故應另闢獨立之育苗室。本場在育苗時所用之育苗盤，係採用硬質保利龍板，長57公分，寬30公分，高3.3公分，盤內舖置厚2.5公分，切割成324格之海綿塊，每分地所需育苗盤數量約150～180盤。如照片3。

(二)栽培床：

每棟5公尺寬之塑膠布室，可容納寬120公分之栽培床二組，分四小區，四個栽培床，前二區為27公尺，後二區為22公尺，中間以8噸養液槽相銜接。每一栽培床有10道液溝，深1.2公分，寬12公分。支持此鍍鋅鋁面板栽培床之角架，每118公分處設1支，栽培床上則由長60公分，寬52公分，厚1.6公分之保利龍發泡面板連接覆蓋而成。保利龍板上有行株距12×9（公分）之圓型栽培孔30個，總計每分地共有4萬8千個栽培孔，每一栽培床上養液流量為每分鐘10～20公升。如照片4、5。

(三)EC控制器：

係利用離子導電度來指示養液中鹽類總濃度。濃度高，導電度高，無法測出個別養分的含量。故欲配製適當的養液，最好做定期化學分析。此外適當的養液濃度需要，因作物種類、不同生長期、溫度高低、水質等因素而做不同調整。目前EC控制器是電子領域中極高科技的產物，如何在水耕方面因作物的生長需要，做更精密的配合，仍有待努力研究與開發。如照片6。

(四)養液槽：

由玻璃纖維製成，每一分地需8噸養液，為防止日光照射及水溫變化，故埋設於地下，並予遮光加蓋。

(五)給液泵浦：

當養液槽內濃度降低時，給液泵浦將接受EC控制器的指示自動開啟，將1、2號兩種肥料原液釋放入養液槽內，至達要求的濃度時，給液泵浦即自動關閉。

(六)養液濃度探測器：

置於8噸養液槽內，可隨時探知濃度，另一端連接EC控制器，以控制原液的補充。

(七)原液槽：

高90公分，直徑為60公分之二原液槽，分別裝入1號及2號原液，此原液乃由15公斤1號固體肥料及10公斤2號固體肥料分別放入桶中，加水攪拌而成。兩種肥料原液應避免混合，以免發生化學變化。

(八)沉水馬達：

每分地以一個2馬力馬達來擔任養液抽送循環的工作。

(九)發電機：

NFT系統係靠電力維持其循環運作，停電時所栽培作物會因缺水、養分而萎凋死亡，因此應備發電機，以避免停電之情發生。

四、栽培管理

(一)育苗：

1.介　　質：

播種用之海綿可分中間有十字切割及完全無切割兩種，其規格不同單價亦有所差別，播種前海綿必須充分泡水並加拍打以去除所含空氣，育苗盤中先添加1／3水量，再將海綿放入盤中。如欲延長育苗時間，則海綿塊須由原來的2.5×2.5×3（公分）之規格調整為3×3×3（公分），否則生長空間狹小，植株徒長，根群盤繞，將延長栽培管理時間，並造成品質低下。

2.催　　芽

一般葉菜類可以不經催芽而直接播種。但鴨兒芹、芹菜、菠菜等，播種前應先將種子用紗布包好，置於活水中15～24小時，以除去抑制物質，之後放置於5℃下，經5～7天取出，置於25℃高溫下1～2天，再經3～5天冷藏方能使發芽整齊一致。而葉萵苣在10℃以下低溫發芽不整齊，播種後並須光照發芽才能一致。故育苗前應針對種子的發芽特性而給予不同的處理。播種時，每小塊海綿以放置2～3粒種子較恰當。

3.管　　理

一般葉菜類播種後，須加50%遮光網，避免溫度急劇變化。澆水時須特別小心，避免沖失種子，最好能採用頂間微霧噴灌。白菜、青梗白菜等播種後2～3天發芽即達一致，待苗1公分高時可將遮光網去除，使苗株健化，此時並可加1000～2000倍水耕營養液以加速生長，給液時將海綿掀起，由底部灌注，若經由上方噴灌，則海綿上易生青苔。

㈡移　植：

種子自播種至移植所需時間，因作物種類與季節而長短不同，約為7～15天。當根群3公分已達育苗盤底部時，即可移植於栽培床上，移植時將海綿撕開成條狀，再用鑷子將未完全切離之海綿撕下，一塊塊植入圓栽培孔中即可。如照片7。

㈢養液之調製與管理：

養液調製前，應先測定pH值，如pH值在7以上時，可加濃硫酸來調整，欲降低一個pH值，每噸水中須加入10～20cc　95%濃硫酸，pH值太低時，則添加氫氧化鈉。NFT系統之肥料調配，乃將含有可溶性鉀、磷酸氧化鎂、氧化錳……等成份的肥料設定為1號，而含有硝酸鈣的肥料設為2號，二種肥料分別放入原液桶中加水攪拌而成，原液桶中之肥料經一段時間，須注意添加。其它微量元素則每隔15～20天以2萬倍濃度直接加入養液槽中即可。除非有病害發生，養液槽中養液不必經常更換。養液出入口處須覆蓋黑色塑膠布遮光，以免藻類滋生，另平時須注意其是否堵塞。作物生育初期EC值一般設在1.2～1.5之間，後期則調至1.5～2.5之間，EC值高雖可加速生長，但對某些作物可能造成毒害。故水耕養液之調製與管理為水耕栽培成功與否的要件。本場所用養液及栽培作物施用濃度如表1及表2。

表1　台灣大學山地實驗農場所採用養液配方

	肥料成分	含量
1號肥料	氮素含量（TN）	10.0%
	氨態氮（NH_4—N）	1.5%
	硝酸態氮（NO_3—N）	7.5%
	燐酐（P_2O_5）	8.0%
	氧化鉀（K_2O）	23.0%
	氧化鎂（MgO）	5.0%
	氧化錳（MnO）	0.1%
	硼（B_2O_3）	0.1%
	鐵（複合）（Fe）	0.18%
2號肥料	硝酸態氮（NO_3—N）	11.0%
	石灰（CaO）	23.0%

表2　適用作物及使用方法

Table 2. Adaptable crop & application method.

適用作物	施用時期	稀釋倍數	EC	施用次數
日本芹菜	育苗期	1000-600	1.1-1.5	養液由EC控制器設定各類葉菜類濃度
台灣芹菜	收穫期	600-400	1.5-2.4	
葉萵苣	育苗期	1000	1.1	
白菜	定植期	1000-600	1.1-1.5	
	收穫期	600-400	1.5-2.4	

㈣病蟲害：

台灣大學附設山地實驗農場春陽分場海拔1200公尺，溫度低，昆蟲繁殖世代較少，為克服蟲害問題，網室四周皆以32目尼龍網圍起，網室內並加捕蟲燈捕捉少數昆蟲。有些作物如三葉芹、台灣芹菜等繖形花科蔬菜，本身具有特殊辛香味，昆蟲類較不喜歡，自然危害也少，故作物種類之選擇亦可做為減少農藥使用的手段之一。病害防治策略上，可在播種時拌入殺菌劑或以溫水浸種方式來消毒種子，但實際上由於葉菜類少有病害發生，此步驟常可省略不用。水耕栽培雖可減少病蟲害發生，但適當的使用農葯，以週全病蟲害之防治，確屬必要。若非不得已必須使用農葯時，最好選低毒，分解快的種類或蘇力菌等安全性高葯劑於生長初期噴施，並嚴格控制安全採收期，如此消費者才能吃到真正安心的蔬菜。

五、採收與包裝

產品採收與包裝是水耕蔬菜栽培中使用人工最多之處，採收時應保留根部海綿，一方面可繼續供應養分、水分，並可做為水耕之標誌，以與土耕蔬菜區別。水耕蔬菜拔起後去除多餘的根部與老葉，每250公克為一單位以小塑膠袋包裝，如照片8，再裝入專用塑膠籃筐，裝好後立即送冷藏庫，在低溫下至少須預冷四小時以上，再運輸出售，便可確保品質新鮮。一般葉菜類隨著季節溫度之高低，生長速度不同。一般而言，白菜1期18～25天，年產15～18期，每分地每期產量2400公斤，年產量約為36000公斤。葉萵苣1期25～30天，年產12～15期，每期2200公斤，年產量約為26400公斤。日本芹菜1期50～60天，年產6～7期，每期3360公斤，年產量約為20160公斤。以上三種蔬菜是本場經兩年試驗觀察後，目前採用之主要栽培種類，如照片9、10、11。就年產量而言，以小白菜最高，日本芹菜較低，但從管理的績效上看，日本芹菜可省去9～11期的移植、採收包裝工作，較為省工，2分地一位女作業員可從容負責，而白菜則須2位，其經濟分析如表3：

表 3 三種葉菜類每分地之經營成本與年收益分析

Table 3. The analyze of three different leave-vegetable of the manage cost & year income in per point zero ninty six ninty nine.

種類	工資	設施折舊	雜項支出	養液與電費	合計支出	預計收入	淨收入
白 菜	15,000元 × 14月 × 2人 420,000元	250,000元	200,000元	60,000元	930,000元	2,400公斤 × 15期 × 35元 1,260,000元	330,000元
葉萵苣	15,000元 × 14月 × 1.6人 336,000元	250,000元	150,000元	60,000元	796,000元	2,200公斤 × 13期 × 35元 1,001,000元	205,000元
日 本 芹 菜	15,000元 × 14月 × 1人 210,000元	250,000元	120,000元	60,000元	640,000元	3,360公斤 × 6期 × 40元 806,400 元	166,400元

註：1.本省夏季因受颱風影響，蔬菜價格不穩定，且常有偏高情形，本場冬季供應單價每公斤維持在28～32元之間，芹菜單價則稍高，故白菜、葉萵苣年平均單價均以35元計算，芹菜以40元計算。

2.養液栽培設施以8年平均分攤，折舊費每年25萬元。

3.雜項支出包括A.種子、B.包裝材料費、C.海綿、D.育苗盤、E.運費等

4.為提高網室的空間利用率，已在原栽培床下方，以台灣現有材料各加裝一層栽培床，期能增加收益，雖其栽培種類須經選擇試驗，但從經濟觀點而言，是頗值得考慮的。

討 論

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）問：

白菜缺鎂症狀，如何發生及如何解決？水耕之綠藻問題，綠藻雖吸收一些營養，可是綠藻同樣行光合作用而放出氧，而增加溶氧量，有無此有關資料或試驗可提供參考？所示幻燈片之草莓，其第一、二、三番果是否一致？

張國珍（台大山地農場）答：

本場作物缺鎂發生非養液問題，乃電工換裝馬達時，疏忽所致，因改換成上下層，而馬達加入回流管開關，致使下層水管脫落，而無法察覺，故2—3天加一次肥料，察覺後，每15—20天加微量元素至養液槽中，可恢復正常生長。至於藻類能否利用不甚清楚。草莓應針對溫度，也就是海拔問題如春陽分場，草莓在夏天生長良好，第一番到第三番果影響不大，但第四期果可能有影響，故要考慮品種特性，應利用長日照，低溫品系，如歐洲品系。

LEAF-VEGETABLE CROP PRODUCTION UNDER NUTRIENT FILM TECHNIQUE IN THE HIGHLAND-EXPERIMENTAL FARM OF NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY

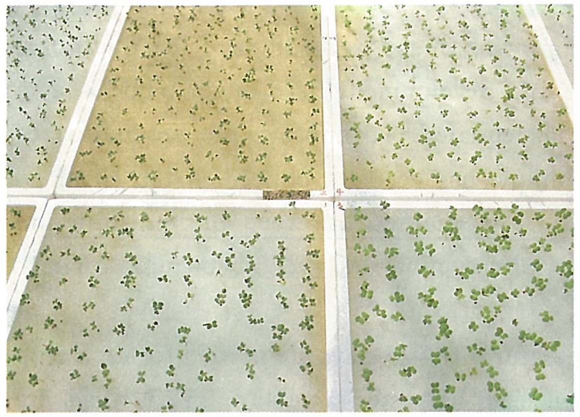
Mei-ling Lee, Kao-chen Chang and Yeou-der Kang

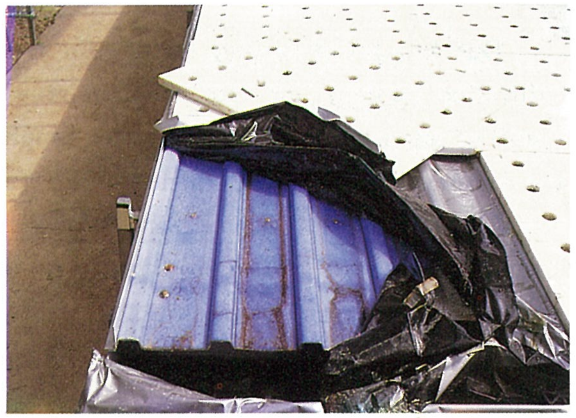
Assistant, Head (Chun Yang Branch Farm), Head of
Highland Experimental Farm of National Taiwan University.

ABTRACT

Due to a lot of limiting factor's for plant growing in soil as medium of the traditional cultivation method, the rate of plant growth and development have much retarded as a result of nutrients, oxygen and water supply inadequated. To improve the production of the leaf-vegetable crop, a Nutrient Film Technique has been introduced in the Highland Experimental Farm National Taiwan University. This method can keep the moisture and nutrients constantly to the root plant, thus the yield are more and the growing days for each crop are much shortened.

According to the seasonal change of temperature, 18–25 days are needed for each crop of the Chinese cabbage and 15–18 crops have been harvested annually; 25–30 days are required for each crop of leaf-luttuce and 12–15 crops have been harvested annually. For the celery production, 50–60 days are needed for each crop and there are only 6–7 crops cultivated in each year. Comparison to the soil culture, only 3–8 crops are harvested of these vegetabls crop under Taiwan weather conditions. It is one of the best way to utilize the farm-land to produce vegetables.





1	2
3	4
5	6
7	

照片說明：

1. 水耕塑膠布網室外觀
2. 水耕設施內景
3. 育苗盤與海綿
4. 栽培床組件，白色為保利龍板，黑色為PE塑膠布，藍色為鍍鋅鋁面板，左方為角架。
5. 出水口處與10道液溝
6. EC控制器右上方為捕蟲燈
7. 定植於栽培床的情形

8	9
10	11
12	13

8. 250公克的水耕蔬菜小包裝
9. 本場所栽培的水耕白菜
10. 本場所栽培的水耕葉萵苣
11. 本場所栽培的水耕芹菜
12. NFT式水耕葉菜類的雙層栽培
13. NFT式水耕葉菜類的雙層栽培紅色部分為養液流控制鈕